

**Trend analysis of Air Quality Index criteria pollutants (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM10 and O<sub>3</sub>) concentration changes in Tehran metropolis and its relationship with meteorological data, 2001-2009**

**Ali Asghar NajafPoor<sup>1</sup>, Ahmad Joneidi Jafari<sup>2\*</sup>, Sina Dousti<sup>3</sup>**

1- Associate Professor of Environmental Health Engineering , Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

2- Associate Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Center for Environmental Health Engineering Technology, Faculty of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3- M.Sc in Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Health, Mashhad University of medical Science, Mashhad, Iran.

**ABSTRACT**

**Background and Aims:** Air pollution is a serious threat to public health and environment. Factors contributing to air pollution have to be identified in order to reduce the corresponding effects. Meteorological data are among the noteworthy factors in determining the severity of air pollution. This study was conducted to investigate the trend of five criteria pollutants in air quality index and to find their correlation with meteorological data in Tehran metropolis during 2001- 2009.

**Materials and Methods:** During this descriptive-analytical study, the required data were obtained from Air Quality Department of Tehran's Municipality, the Environmental Protection Agency and also from the synoptic stations of Meteorological Organization. SPSS software was used for data analysis. The trends in concentration of studied pollutants including: CO, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>, as well as meteorological data and their correlation were indeed considered.

**Results:** The current study found that during the studied period, the concentration of O<sub>3</sub> shows an increasing trend. Therefore, this pollutant could be a major factor, if not the only one, raising the index of air pollution in recent years. Another important result of this study can be cited to decrease in concentrations of CO, NO<sub>2</sub>, and SO<sub>2</sub> during the years of present study.

**Conclusion:** Our findings revealed that although the air quality in Tehran has improved in term of particulate matter, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> during the period of study, however the concentration of ozone has increased beyond the standard. It was also possible to draw a meaningful conclusion relating to the impact of some meteorological parameters in air pollution.

**Keywords:** Air pollution, Criteria pollutants, Meteorological data, Tehran metropolis

**\*Corresponding author:**

Hemmat Highway, next to Milad Tower, Tehran University of Medical Sciences, School of Public Health, Department of Environmental Health Engineering.

**Email:** ahmad\_jonidi@yahoo.com

**Received:** 06 June 2015

**Accepted:** 23 Jan 2016

## تحلیل روند تغییرات غلظت پنج آلاینده شاخص کیفیت هوا ( $\text{O}_3$ و $\text{CO}$ ، $\text{NO}_2$ ، $\text{SO}_2$ ، $\text{PM}_{10}$ ) در کلانشهر تهران و ارتباط آن با داده‌های هواشناسی در طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۰

دکتر علی اصغر نجف پور<sup>۱</sup>، دکتر احمد جنیدی جعفری<sup>۲\*</sup>، سینا دوستی<sup>۳</sup>

۱. دانشیارگروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران.
۲. دانشیارگروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
۳. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران.

### چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا، تهدیدی جدی برای سلامت عمومی و محیط زیست است. جهت کاهش اثرات ناشی از آلودگی هوا باید پارامترهای موثر در آلودگی هوا را به خوبی بشناسیم، از جمله پارامترهای مهم در تعیین میزان آلودگی هوا داده‌های هواشناسی است. هدف از این تحقیق، مطالعه بررسی روند تغییرات پنج آلاینده شاخص آلودگی هوا و ارتباط آن با داده‌های هواشناسی در تهران طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۰ است. مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی است. داده‌ها از ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری و سازمان حفاظت محیط زیست گردآوری شده و چگونگی روند تغییرات غلظت آلاینده‌ها و داده‌های هواشناسی و ارتباط آن‌ها با نرم افزار آماری SPSS مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: در این مطالعه مشخص شد که در طی سال‌های مورد مطالعه بر مقادیر غلظت آلاینده  $\text{O}_3$  افزوده شده و می‌توان آلاینده مذکور را آلاینده مسئول افزایش شاخص استاندارد آلودگی هوا در طی سال‌های اخیر دانست. همچنین از دیگر نتایج مهم این تحقیق می‌توان به روند کاهشی آلاینده ( $\text{PM}_{10}$  و  $\text{CO}$ ،  $\text{NO}_2$ ،  $\text{SO}_2$ ) در طی سنوات مورد مطالعه اشاره نمود.

نتیجه‌گیری: طی سال‌های فوق کیفیت هوای تهران از نظر آلاینده‌های  $\text{PM}_{10}$ ،  $\text{NO}_2$ ،  $\text{CO}$  و  $\text{SO}_2$  بهبود یافته، در حالی که غلظت آلاینده  $\text{O}_3$  رو به افزایش بوده و از وضعیت استاندارد فاصله داشته است. با توجه به ارتباط معنی دار بین برخی از پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌ها، مشخص گردید که متغیرهای هواشناسی می‌توانند در میزان آلودگی هوای شهر تهران موثر واقع شوند.

**کلید واژه‌ها:** آلودگی هوا، آلاینده‌های شاخص، داده‌های هواشناسی، تهران

\* آدرس نویسنده مسئول:

اتوبان همت، جنب برج میلاد، مجتمع دانشگاه ایران، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران، گروه مهندسی بهداشت محیط

## مقدمه

آلاینده‌های شیمیایی خطرناک توسط تعدادی از فعالیت‌های طبیعی و مصنوعی تولید شده و وارد محیط زیست می‌شوند و در نهایت موجب بروز اثرات نامطلوب بر سلامتی افراد و محیط زیست می‌گردند. امروزه بسیاری از شهرهای مهم دنیا با مشکلات زیست محیطی مواجه هستند، که در راس آن‌ها وضعیت نامطلوب کیفیت هوا است، در نتیجه قرار گرفتن شهروندان در معرض هوای آلوده در شهرهای بزرگ امری اجتناب پذیر است [۱].

مهم ترین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا عبارتند از: اکسیدهای گوگرد، ازن، اکسیدهای نیتروژن، مونوکسیدکربن و ذرات معلق. براساس نتایج تحقیقات، کلیه آلاینده‌های هوا (جامد، مایع و گاز) از جمله دی اکسید گوگرد، ازن، ذرات معلق، مونوکسیدکربن و اکسید نیتروژن از خطرات جدی سلامت انسانی به حساب می‌آیند [۲].

براساس مطالعات همه گیر شناسی در رابطه با آلاینده‌های هوا، بین غلظت آلاینده‌ها و بسیاری از اثرات سوء بهداشتی مثل مرگ و میر، افزایش تغییرات در عملکرد فیزیولوژیکی بدن بالاخص عملکرد تنفسی و قلبی - عروقی و بستری شدن در بیمارستان به دلیل بیماری‌های قلبی و تنفسی، استفاده از خدمات بهداشتی اولیه، حمله‌های آسمی و برونشیت حاد، علائم تنفسی و محدود شدن فعالیت‌ها ارتباط مستقیم وجود دارد. اما به نظر می‌رسد اثر بر مرگ و میر و بروز سرطان‌ها، مهمترین اثرات بهداشتی آلاینده‌ها باشد [۳]. طبق گزارشات سازمان جهانی بهداشت، سالیانه حدود ۵۰۰۰۰۰ نفر در اثر ذرات منتقله توسط هوا دچار مرگ زودرس می‌شوند [۴].

براساس نتایج مطالعات لیم و همکارانش تحت عنوان ارزیابی ریسک مقایسه‌ای برای بار بیماری و صدمات ناشی از ۶۱ ریسک فاکتور تاثیر گذار بر سلامتی افراد محاسبه گردید که تقریباً ۲/۳ میلیون مرگ و میر ناشی از مواجهه با آلودگی هوا در سال ۲۰۱۰ به وقوع پیوسته است که نسبت به سال ۱۹۹۰، حدود ۱/۱ میلیون نفر افزایش داشته است [۵].

آنتیلا و همکارانش در تحقیقات خود با عنوان بررسی روند تغییرات غلظت آلاینده‌های اولیه و ثانویه مشاهده نمودند که در کشور فنلاند طی سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۷، غلظت آلاینده‌های اولیه CO و SO<sub>۲</sub> به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داشته است و در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد بررسی غلظت ازن کاهش نیافته است [۶].

موسوی و نادافی در تحقیقی تحت عنوان بررسی مقایسه‌ای کیفیت هوای شهر تهران در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ نتیجه گرفتند که در سال ۱۳۷۶، کیفیت هوای شهر تهران در ۳۲ درصد از روزها از نظر توصیفی غیر بهداشتی و در ۵ درصد روزها خیلی غیر بهداشتی است، در صورتی که این موارد برای سال ۱۳۷۷ به ترتیب ۳۴ و ۶ درصد افزایش یافته است [۷]. ورما و همکارش (۲۰۰۸) در مقاله ای

با عنوان اثرات شرایط آب و هوایی بر آلودگی هوای شهر سورات نتیجه گرفتند که عوامل متعددی در آلودگی هوا نقش دارند، که یکی از این عوامل، تاثیر شرایط آب و هوایی بر مقادیر غلظت آلاینده‌ها است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در طی فصل تابستان غلظت‌های بالاتری از آلاینده‌ها وجود داشته است [۸].

با توجه به اهمیت ارتباط آلاینده‌های هوا با میزان بروز بسیاری از بیماری‌ها و نیز با توجه به اهمیت تحلیل روند داده‌های آلاینده‌ها در توسعه سامانه مدیریت کیفیت هوا، طرح حاضر با هدف بررسی تحلیلی روند تغییرات پنج آلاینده شاخص کیفیت هوا و داده‌های هواشناسی و ارتباط آن‌ها در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ در کلانشهر تهران انجام گرفته است.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع توصیفی تحلیلی می‌باشد. در بخش اول مطالعه، غلظت‌های لحظه‌ای آلاینده‌های هوای ثبت شده توسط ۹ ایستگاه اندازه گیری آلاینده‌های هوا متعلق به شرکت کنترل کیفیت هوا و سازمان حفاظت محیط زیست (ایستگاه‌های میدان بهمن، مهرآباد، آزادی، بازار، سرخه حصار، فاطمی، قلهک، تجریش و اقدسیه) واقع در مناطق شمالی، جنوبی، شرقی، غربی و مرکزی جهت پوشش کامل جغرافیایی این کلانشهر طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ جمع آوری گردید، سپس داده‌های جمع آوری شده، مورد بازبینی قرار گرفته و جهت اعتبار سنجی داده‌ها از رهنمودهای WHO استفاده گردید و اطلاعات مخدوش، از مجموعه داده‌ها حذف گردید و در نهایت با استفاده از نرم افزارهای SPSS و MINITAB و با توجه به جدول استانداردهای هوای پاک ارائه شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا به غلظت استاندارد تبدیل گردید.

در این استاندارد برای منوکسید کربن از ماکزیمم غلظت هشت ساعته و برای ازن و دی اکسید نیتروژن از ماکزیمم غلظت یک ساعته و برای ذرات معلق و دی اکسید گوگرد از متوسط غلظت ۲۴ ساعته استفاده گردیده است [۹، ۱۰]. جهت پایش غلظت منوکسید کربن در طول ۲۴ ساعت، سه بار غلظت میانگین ۸ ساعته محاسبه شده و از بین آن‌ها غلظت بیشینه انتخاب شد، همچنین برای سایر آلاینده‌ها نیز با توجه به استاندارد وضع شده از روش مشابهی استفاده گردید. سپس غلظت‌ها با استاندارد آلودگی هوای ایران مصوب ۱۳۸۸ (جدول ۱) مقایسه شد. در بخش دوم مطالعه، همبستگی بین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا در تهران و همچنین ارتباط بین آلاینده‌ها و پارامترهای هواشناسی (دمای هوا، رطوبت نسبی، نقطه شبنم، سرعت باد و میزان بارش) بررسی شد.

برای بررسی اختلاف آماری معنی دار بین میانگین غلظت‌های فصلی آلاینده‌های فوق از نرم افزار SPSS و روش آنالیز واریانس یک طرفه

### یافته‌ها

در این مطالعه روند تغییرات آلاینده‌های شاخص در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۰ مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج آن در نمودار ۱ تا ۵ و جداول ۲ تا ۷ نشان داده شده است.

**بررسی همبستگی بین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا در تهران:** نتایج بررسی آزمون Ttest و ANOVA هر یک از آلاینده‌ها با سایر آلاینده‌ها حاکی از وجود همبستگی ضعیف ولی معنی داری بین  $PM_{10}$  و چهار آلاینده دیگر بوده است (جدول ۳).

همچنین این آلاینده با سایر داده‌های هواشناسی مانند رطوبت نسبی (%، میزان بارش (میلی‌متر بر ساعت)، درجه حرارت (متوسط، حداقل و حداکثر بر حسب درجه سانتیگراد) و سرعت باد (متر بر ساعت) همبستگی معنی دار ( $Pvalue < 0.01$ ) نشان داده است که این همبستگی همان طور که پیش بینی می‌شود در مورد رطوبت نسبی، بارش و سرعت باد منفی می‌باشد (جدول ۴).

**تاثیر داده‌های هواشناسی بر آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا:** داده‌های هواشناسی از اطلاعات ساعتی ثبت شده توسط ایستگاه‌های سینوپتیک ژئوفیزیک، اقدسیه، مهرآباد و چیتگر طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۰ جمع‌آوری گردید.

استفاده گردید. از روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) و آزمون Duncan جهت رتبه بندی میانگین‌های فصلی غلظت آلاینده‌ها استفاده شد.

در ادامه به منظور تحلیل ماهانه، فصلی و سالیانه داده‌ها و اطلاعات آلودگی هوا از آزمون TStudent با یک عدد استاندارد استفاده گردید. میانگین غلظت‌های آلاینده‌های مذکور به تفکیک ماه نیز تعیین شدند. در انتها پس از انجام بررسی‌های توصیفی از جمله شاخص‌های مرکزی بر روی داده‌های هواشناسی، از آزمون همبستگی جهت ارتباط بین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا و پارامترهای هواشناسی استفاده گردید.

جدول ۱- استاندارد هوای پاک ایران [۱۲،۱۱]

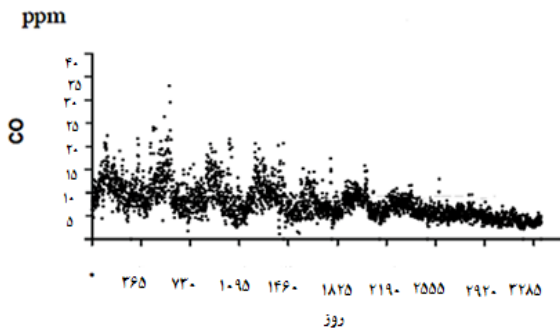
نام آلاینده	غلظت استاندارد ایران ۱۳۸۸
منوکسیدکربن	۹ ppm (حداکثر غلظت ۸ ساعته)
ذرات معلق ( $PM_{10}$ )	$150 \mu g/m^3$ (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته)
دی اکسید نیتروژن	۱۰۰ ppb (حداکثر غلظت ۱ ساعته)
دی اکسید گوگرد	۱۴۰ ppb (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته)
ازن	۸۰ ppb (حداکثر غلظت ۱ ساعته)

جدول ۲- میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های مختلف در ۹ ایستگاه در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۰.

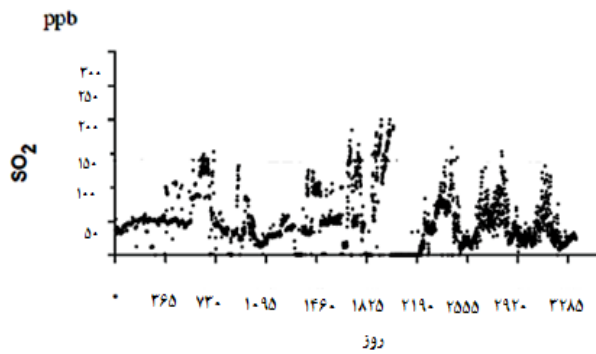
سال	$PM_{10} \mu g/m^3$	CO ppb	$NO_2$ ppb	$SO_2$ ppb	$O_3$ ppb
۱۳۸۰	۱۰۵	۱۰/۳۶	۷۳/۶	۷۸/۵	۲۴/۶
۱۳۸۱	۱۰۹	۷/۲۱	۷۵/۵	۳۵/۳	۴۴/۳
۱۳۸۲	۱۱۹	۹/۲۶	۷۲/۷	۳۲/۱	۴۰/۹
۱۳۸۳	۸۹	۷/۲۴	۷۸/۲	۶۲/۵	۴۶/۱
۱۳۸۴	۷۰	۷/۶۷	۱۸۲/۶	۸۹/۸	۶۹/۲
۱۳۸۵	۶۷	۷	۹۰/۴	۵۵/۲	۵۱/۳
۱۳۸۶	۶۴	۵/۵۲	۱۲۱	۴۹/۳	۵۶/۹
۱۳۸۷	۸۲	۴/۵	۱۱۹	۳۸/۹	۷۹/۳
۱۳۸۸	۸۸	۳/۶۴	۶۶/۱	۲۱/۴	۸۳

جدول ۳ - تعداد موارد روزانه با غلظت آلاینده های شاخص بالاتر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران در ایستگاه های اقدسیه و بازار، فاطمی و مهرآباد

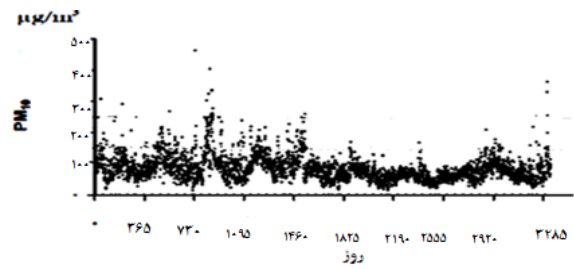
نام ایستگاه	سال	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO ppb	NO <sub>2</sub> ppb	SO <sub>2</sub> ppb	O <sub>3</sub> ppb
اقدسیه	۱۳۸۰	۲۳	۳۶	۳۶۲	۰	۴
	۱۳۸۱	۱۰	۲۵	۳۴۷		۴۸
	۱۳۸۲	۰	۲۳	۲۱۹	۰	۱۴
	۱۳۸۳	۰	۲۴	۲۷۴	-	-
	۱۳۸۴	۰	۴۲	۲۸۷	۰	-
	۱۳۸۵	۰	۵۳	۲۵۱	۰	-
	۱۳۸۶	۲	۹	۲۸۳	۱۸	۱۲
	۱۳۸۷	۱	۲	۳۴۷	۱۲	۱۷۴
	۱۳۸۸	۱۱	۳	۳۲۶	۰	۶۹
	۱۳۸۰	۱۰	۱۰۵	۱۰	۰	۱۲
بازار	۱۳۸۱	۲۵	۲۴۹	۱۰	۰	۳۰
	۱۳۸۲	۱۳۷	۱۹۸	۱۵۶	۰	-
	۱۳۸۳	۸۳	-	۰	-	-
	۱۳۸۴	۹۱	۹۰	۵۱	-	-
	۱۳۸۵	۹۸	۸۶	۷۹	-	-
	۱۳۸۶	-	۳۸	-	-	-
	۱۳۸۷	-	۲۵	-	-	-
	۱۳۸۸	۱۱۱	۱۷	۳۲۰	-	-
	۱۳۸۰	۷	۳۲۹	۳۳۳	۰	۱
	۱۳۸۱	۲	۲۵۵	۳۴۷	۰	۲
فاطمی	۱۳۸۲	۱	۳۰۳	۲۸۸	-	۳
	۱۳۸۳	۴	۱۸۰	۲۷۷	-	۶
	۱۳۸۴	۰	۱۷۶	۱۲۷	۰	-
	۱۳۸۵	۰	۱۷۳	۸۶	-	-
	۱۳۸۶	۰	۱۱۷	۴	-	-
	۱۳۸۷	۴	۲۵	۰	۰	۰۱۲
	۱۳۸۸	۱۱	۲۳	۰	۰	۶۱۲
	۱۳۸۰	-	۸۸	۲۳۸	۶۵۳	۹۲
	۱۳۸۱	-	۱۲۴	۲۶۷	-	۴
	۱۳۸۲	-	۱۱۲	۳۱۴	۲۱	۷۱
مهرآباد	۱۳۸۳	-	۷۶	۳۲۶	۸۲	۴۴
	۱۳۸۴	-	۹۲	۳۶۵	۳۸۱	۴۱
	۱۳۸۵	-	۷۳	۳۶۱	-	۴۲
	۱۳۸۶	-	۴۲	-	۴۲	۴۳
	۱۳۸۷	۱	۳۵	-	۱۲	۱۴
	۱۳۸۸	۱۱	۲۱	-	۶۱	۸۳



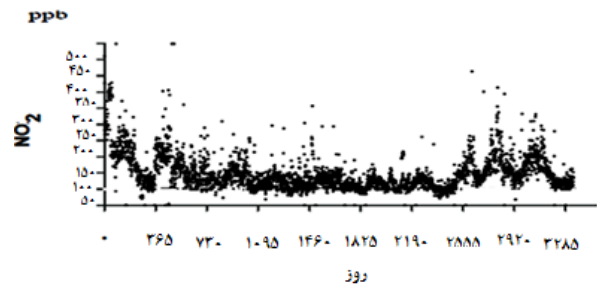
شکل ۴- نمودار سری زمانی روند تغییرات روزانه غلظت آلاینده منوکسید کربن (ppm) در برابر روزهای سال طی سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۸



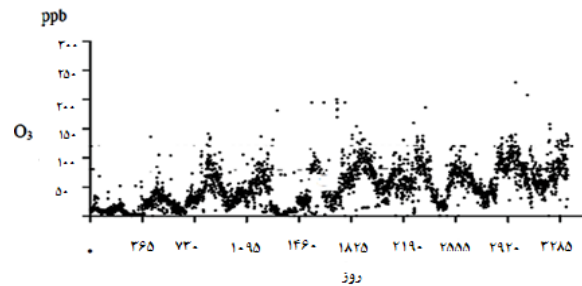
شکل ۵- نمودار سری زمانی روند تغییرات روزانه غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد (ppb) در برابر روزهای سال طی سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۸



شکل ۱- نمودار سری زمانی روند تغییرات روزانه غلظت آلاینده ذرات معلق واحد در برابر روزهای سال طی سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۸



شکل ۲- نمودار سری زمانی روند تغییرات روزانه غلظت آلاینده دی اکسید نیتروژن (ppb) در برابر روزهای سال طی سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۸



شکل ۳- نمودار سری زمانی روند تغییرات روزانه غلظت آلاینده ازن (ppb) در برابر روزهای سال طی سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۸

جدول ۴- ارتباط میانگین غلظت آلاینده های هوا از نظر نوع و میزان همبستگی بین آن ها طی سال های ۱۳۸۰-۱۳۸۸ در کلانشهر تهران

CO	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	ضریب پیرسون	نوع آلاینده
(**).۰/۲۲۶	(**).۰/۱۵۴	(*)۰/۰۴۸	(**).۰/۲۴۲	۱	ضریب پیرسون	PM <sub>10</sub>
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۸	۰/۰۰۰	۰	سطح معنی داری	
(*)-۰/۰۴۱	(**).۰/۲۰۵	(*)۰/۲۹۵	۱	(**).۰/۲۴۲	ضریب پیرسون	NO <sub>2</sub>
۰/۰۷۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	سطح معنی داری	
(**).۰/۲۷	(**)-۰/۱۷۵	۱	(**).۰/۲۹۵	(*)۰/۰۴۸	ضریب پیرسون	O <sub>3</sub>
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۸	سطح معنی داری	
(**).۰/۳۶۱	۱	(**)-۰/۱۷۵	(**).۰/۲۰۵	(**).۰/۱۵۴	ضریب پیرسون	SO <sub>2</sub>
۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	سطح معنی داری	
۱	(**).۰/۳۶۱	(**).۰/۲۷	(*)-۰/۰۴۱	(**).۰/۲۲۶	ضریب پیرسون	CO
۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۷۹	۰/۰۰۰	سطح معنی داری	

(\*): همبستگی ۰/۰۵ معنی دار است.

(\*\*): همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است

جدول ۶- داده‌های هواشناسی در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در سال

های ۱۳۸۸-۱۳۸۰

ایستگاه های سینوپتیک	میانگین دما (°C)	میانگین رطوبت نسبی (%)	سرعت باد (m/s)	میزان بارش (mm/month)
اقدسیه	۱۶/۷۳	۴۷/۸۱	۲/۳۴	۳۱/۱۱
مهرآباد	۱۹/۲۲	۴۰/۳۳	۵/۳۷	۳۰/۴۸
چیتگر	۱۶/۹۲	۳۷/۲۰	۳/۲۰	۳۰/۳۲
ژئوفیزیک	۱۷/۶۴	۴۱/۲۲	۵/۲۸	۱۷/۸۰

جدول ۵- نام و مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در مطالعه

سال تاسیس	ارتفاع از سطح دریا	مختصات جغرافیایی		نام ایستگاه هواشناسی
		عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	
۱۳۷۵	۱۲۱۵	۳۵°۴۵'	۵۱°۰۸'	چیتگر
۱۳۴۲	۱۴۲۳	۳۵°۴۴'	۵۱°۲۳'	ژئوفیزیک
۱۳۲۱	۱۱۹۱	۳۵°۴۱'	۵۱°۱۹'	مهرآباد
۱۳۶۷	۱۵۴۸	۳۵°۴۷'	۵۱°۳۷'	اقدسیه

جدول ۷- همبستگی بین میانگین غلظت پنج آلاینده شاخص آلودگی هوا و داده‌های هواشناسی طی سال های ۱۳۸۸-۱۳۸۰ در کلانشهر تهران

نوع آلاینده	ضریب پیرسون	نقطه شبنم	رطوبت نسبی	میزان بارش	متوسط دمای روزانه	سرعت باد
PM <sub>10</sub>	ضریب پیرسون ۰/۰۷۹ (**)	۰/۲۲۴ (**)	۰/۱۹۹ (**)	۰/۲ (**)	۰/۰۹۶ (**)	
	سطح معنی داری ۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱
NO <sub>2</sub>	ضریب پیرسون ۰/۲۸۸ (**)	۰/۰۸۰ (**)	۰/۰۲۰ (*)	۰/۲۳۷ (**)	۰/۰۹۴ (**)	
	سطح معنی داری p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۴۰۶	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱
O <sub>3</sub>	ضریب پیرسون ۰/۴۲۶ (**)	۰/۴۲۳ (*)	۰/۱۷ (**)	۰/۵۳۴ (**)	۰/۰۲۱ (*)	
	سطح معنی داری p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	۰/۳۸۶
SO <sub>2</sub>	ضریب پیرسون ۰/۳۸۵ (**)	۰/۲۸۶ (**)	۰/۰۵۳ (*)	۰/۴۴۳ (**)	۰/۱۷۷ (**)	
	سطح معنی داری p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	۰/۲۸	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱
CO	ضریب پیرسون ۰/۰۵۹ (*)	۰/۰۶۰ (*)	۰/۱۱۹ (**)	۰/۰۷۱ (**)	۰/۲۳۶ (**)	
	سطح معنی داری ۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	p<۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱

(\*\*) همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است

(\*) همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است.



## بحث

**بررسی تغییرات غلظت سالیانه آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا:**  
 نتایج مطالعه و بررسی روند تغییرات غلظت سالیانه آلاینده‌های شاخص نشان می‌دهد که طی سال‌های مورد مطالعه کیفیت هوای شهر تهران از نظر آلاینده‌های ذرات معلق، منوکسید کربن، دی اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد بهبود یافته، این در حالی است که بر غلظت آلاینده ازن افزوده شده است (جدول ۲). در مطالعه‌ای که توسط حسینی و همکاران با عنوان بررسی داده‌های شاخص‌های آلودگی هوا در تهران انجام گرفت، یافته‌های حاصل از بررسی تغییرات سالیانه پنج آلاینده شاخص نشان داد که آلاینده‌های منوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن، ذرات معلق دارای روند نزولی بوده، اما آلاینده ازن از روند افزایشی برخوردار است [۱۳]. در مطالعه‌ای مروری که توسط بالداسانو و همکاران (۲۰۰۳) تحت عنوان کیفیت هوای شهرهای بزرگ در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته انجام شد، نتایج بررسی‌ها نشان داد که در سراسر جهان، روند میزان دی اکسید گوگرد روبه کاهش بوده است، دی اکسید نیتروژن در سطح نزدیکی به استاندارد جهانی قرار دارد، ذرات بعنوان مشکلی عمده در تمام آسیا و شهرهای آمریکای لاتین مطرح است و در بسیاری از شهرها، حدود ۳۰۰ میکروگرم بر متر مکعب برآورد شده است [۱۴]. در مطالعه‌ای که توسط مامتمین و همکاران (۲۰۱۱) در سین کیانگ چین انجام شد، در مدت ۷ سال (۲۰۰۶-۲۰۰۰)، میزان ذرات، دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن مورد اندازه گیری قرار گرفت که ذرات در محدوده ۱۵۰ تا ۲۴۰ و دی اکسید گوگرد ۴۹ تا ۱۶۲ و دی اکسید نیتروژن ۵۰ تا ۲۴۰ میکروگرم بر متر مکعب بدست آمد. نتایج نشان داد که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ افزایش آلودگی‌های هوا بسیار شدید بوده است در حالی که از ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ سرعت این روند کمتر بوده است [۱۵].

**بررسی تغییرات فصلی غلظت آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا:**

نتیجه بررسی تغییرات فصلی آلاینده‌ها نشان داد که برای آلاینده‌های ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن و ازن دو بیشینه غلظتی وجود دارد که یکی در تابستان و دیگری در فصل زمستان رخ می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از آزمون واریانس اگرچه اختلاف معناداری بین میانگین غلظت آلاینده ذرات معلق در فصول پاییز و زمستان مشاهده نمی‌شود، با حدود اطمینان ۹۵٪ می‌توان بیان کرد، میانگین غلظت در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار بوده است. بنا به نتایج آزمون همبستگی بین میانگین غلظت آلاینده  $PM_{10}$  و داده‌های هواشناسی طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۰ در کلانشهر تهران ارتباط معکوسی بین میزان بارش و غلظت این آلاینده برقرار است، بنابراین بارش‌های بهاری می‌تواند نقش به سزایی در کاهش غلظت آلاینده  $PM_{10}$

در این فصل داشته باشند. علت وقوع بیشینه غلظت ذرات معلق در فصل گرم را می‌توان به دلیل ناپایداری جوی در صحراهای عربستان، عراق، کویت و سوریه، خشکسالی، کاهش میزان بارندگی و رطوبت هوا، وزش باد شدید از سمت بیابان‌های کشورهای عراق و عربستان و همچنین اثر وارونگی دمای سطحی دانست. وجود بیشینه در فصل سرد سال می‌تواند در اثر شرایط هواشناسی از قبیل پایداری هوا و وارونگی دما رخ دهد. همچنین بیشینه میانگین غلظت دو آلاینده منوکسید کربن و دی اکسید گوگرد در فصول سرد (زمستان و پاییز) و کمینه آن در فصل بهار رخ داده است. نتایج آزمون واریانس نشان داد اختلاف معنی داری بین میانگین غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان مشاهده نمی‌شود (حدود اطمینان ۹۵٪)، ولی این اختلاف بین میانگین غلظت‌های CO در سه فصل فوق و فصل بهار وجود دارد و کمترین میانگین غلظت CO مربوط به فصل بهار است ( $Pvalue < 0/05$ ). افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و همچنین عدم کارکرد صحیح موتور وسایط نقلیه در اثر سردی هوا نیز از دلایل افزایش این گاز محسوب می‌گردد. همچنین احتمال وجود پدیده وارونگی هوا در فصول سرد به ویژه زمستان می‌تواند علت دیگری برای ثابت بودن نسبی غلظت منوکسیدکربن در این فصول باشد. بیشترین غلظت CO در مناطق مرکزی تهران رخ داده است که علت این مسئله در بالا بودن ترافیک شهری در بخش مرکزی شهر می‌باشد. رفت و آمد وسایط نقلیه در اوایل صبح و عصر، در تشکیل بیشینه آلاینده منوکسید کربن در ساعات فوق موثر است. وجود بیشینه در فصل سرد سال می‌تواند بر اثر افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و وسایط نقلیه در کنار شرایط هواشناسی از قبیل سرما، افزایش فشار هوا، پایداری هوا و وارونگی دما رخ دهد. با استفاده از آنالیز واریانس و آزمون‌های LSD و Duncan، میانگین غلظت آلاینده دی اکسید نیتروژن در فصل تابستان و زمستان با میانگین آن در بهار و پاییز اختلاف آماری معنی داری نشان می‌دهد ( $Pvalue < 0/05$ ) و با حدود اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که میانگین غلظت این آلاینده در فصول بهار و پاییز کمتر از دو فصل تابستان و زمستان می‌باشد. دلیل وجود غلظت‌های بیشینه در فصل زمستان می‌توان بر اثر مصرف بیشتر سوخت‌های شهری مانند گاز شهری و وسایط نقلیه در کنار شرایط هواشناسی از قبیل سرما، افزایش فشار هوا، پایداری هوا و وارونگی دما دانست [۱۵]. کاهش غلظت این آلاینده در شمال غرب در مقایسه با شمال شرق را می‌توان به علت وزش باد غرب به شرق دانست. بر اساس نمودار (۳) تغییرات غلظت ازن طی سال‌های مورد مطالعه روند افزایشی را نشان داده است. همچنین نتایج مطالعات و گزارشات نشان می‌دهند که غلظت ازن به طور پیوسته در دو دهه گذشته در مناطق مختلفی از اروپا در حال افزایش بوده است [۱۶، ۱۷]. همچنین براساس آزمون‌های



در تولید این آلاینده می‌باشد. همچنین واکنش‌های فتوشیمیایی تولید ازن نیز در وجود بیشینه آن موثرند [۲۰]. در مطالعه‌ای که توسط شرعی پور در سال ۱۳۸۸ در کلان شهر تهران انجام گرفت، یافته‌های حاصل از بررسی تغییرات روزانه آلاینده‌های شاخص نشان داد که پیک غلظتی روزانه آلاینده‌های شاخص در اوایل صبح و عصرگاه رخ می‌دهد، همچنین مشخص گردید که بیشینه غلظتی آلاینده ازن از سایر آلاینده‌ها مستثنی بوده و در ساعت ۱۵ بعد از ظهر رخ می‌دهد [۱۸]. نتایج این تحقیق با یافته‌های حاصل از مطالعه جو و پارک در کشور کره همخوان بوده، به نحوی که برای آلاینده‌های ذرات معلق، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن و منوکسید کربن دو پیک غلظت در صبح و عصر هنگام و برای آلاینده ازن بیشینه غلظت در بعد از ظهر بوده است [۱۹].

### همبستگی بین داده‌های هواشناسی و غلظت آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا:

نتایج روشن ساخت که بیشترین غلظت‌ها برای آلاینده‌های دی اکسید نیتروژن، ذرات معلق و ازن در دمای بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد رخ داده است، ولی برای آلاینده‌های منوکسید کربن و دی اکسید گوگرد بیشترین غلظت مربوط به دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد است. بر اساس نتایج بررسی‌های آماری بیشینه غلظت آلاینده‌ها در رطوبت نسبی کم رخ داده است. به بیانی دیگر افزایش خشکی هوا همراه با افزایش مقدار آلاینده بوده است. افزایش رطوبت نسبی هوا اگر همراه با پدیده بارش باشد، عمل شستشو می‌تواند باعث کاهش آلاینده‌های هوا شود. بنابراین این موضوع یکی از عوامل اصلی کاهش مقدار آلاینده‌ها در هنگام رطوبت نسبی زیاد و بارندگی است. همبستگی بین میانگین غلظت آلاینده‌های شاخص آلودگی هوا و سرعت باد حاکی از وجود ارتباط معکوس بین میانگین غلظت چهار آلاینده منوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن و ازن بوده است و این در حالی است که بین سرعت باد و میانگین غلظت ذرات معلق همبستگی مثبت ضعیفی برقرار می‌باشد. مطابق تحقیقی که توسط وایس و همکاران (۲۰۰۵) در کشور امریکا به انجام رسید دمای هوا به عنوان مهمترین عامل مهم و موثر هواشناسی در غلظت این آلاینده تعیین شد [۲۱]. نتایج حاصل از این مطالعه مشابه یافته‌های حاصل از مطالعات صورت گرفته توسط شرعی پور و همچنین تحقیق المینیر با عنوان ارتباط بین آلودگی هوای شهری و داده‌های هواشناسی در سال ۲۰۰۵ در شهر قاهره کشور مصر انجام گرفت می‌باشد [۲۳، ۲۲، ۱۸].

### نتیجه گیری

آنالیز نتایج بررسی روند تغییرات غلظت آلاینده‌های شاخص کیفیت

LSD و Duncan می‌توان بیان کرد، میانگین غلظت ازن در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار و در فصل زمستان بیشتر از فصل پاییز بوده است. به طور کلی بررسی تغییرات ازن طی ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد که غلظت این آلاینده در ماه‌ها و روزهای گرم سال که بیشترین احتمال تابش نور خورشید وجود دارد و دمای هوا بیشتر است، افزایش می‌یابد. یکی از دلایل این امر، انجام واکنش‌های تولید ازن با هیدروکربن، اکسیدهای نیتروژن و به ویژه دی اکسید نیتروژن و تابش خورشید (افزایش واکنش‌های فتوشیمیایی تولید ازن) است [۲]. در مطالعه‌ای که توسط شرعی پور با عنوان بررسی تغییرات فصلی آلاینده‌های هوا در سال ۱۳۸۸ در کلانشهر تهران انجام گرفت، یافته‌های حاصل از بررسی تغییرات فصلی پنج آلاینده شاخص نشان داد که آلاینده‌های دی اکسید نیتروژن، ذرات معلق و ازن دارای دو پیک غلظتی یکی در فصل تابستان و دیگری در فصل زمستان می‌باشد [۱۸]. از دیگر یافته‌های حاصل از تحقیق نشان داد که الگوی تغییرات فصلی میانگین غلظت دو آلاینده منوکسید کربن و دی اکسید گوگرد دارای یک پیک غلظتی بوده که در نیمه دوم سال (فصول سرد) رخ می‌دهد [۱۸]. در مطالعه‌ای که توسط جو و پارک در شهر دایگو (Daegu) کشور کره در سال ۲۰۰۵ صورت گرفت، مشخص گردید که برای آلاینده‌های ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن و ازن دو بیشینه غلظتی در فصول گرم و سرد سال و یک بیشینه غلظتی برای آلاینده‌های منوکسید کربن و دی اکسید گوگرد در فصل زمستان رخ می‌دهد که با نتایج حاصل از مطالعه اخیر همخوان بوده است [۲۰، ۱۹].

### بررسی تغییرات روزانه غلظت پنج آلاینده شاخص کیفیت هوا:

مقایسه الگوی روزانه آلاینده‌های شاخص در طی سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که همه آلاینده‌ها به جز ازن دارای دو بیشینه غلظت‌اند که یکی در حدود ساعت ۷ یا ۸ صبح و دیگری در ساعات عصرگاهی رخ می‌دهد. رفت و آمد وسایط نقلیه در اوایل صبح و عصر در تشکیل بیشینه این آلاینده‌ها در این زمان‌ها موثر است [۲۰، ۱۵]. همچنین وارونگی دمایی و سرعت ضعیف باد و تغییر جهت آن در ایجاد این بیشینه‌ها موثرند. به عبارت دیگر ارتفاع لایه اختلاط در شب هنگام کاهش می‌یابد و آلاینده‌های هوا در زیر این لایه به دام می‌افتند. در نتیجه مقدار غلظت آلاینده افزایش می‌یابد. نسیم کوه به دشت نیز می‌تواند، آلاینده‌ها را به سوی مرکز شهر بیاورد و شدت آلودگی را افزایش دهد. ولی الگوی ازن متفاوت با سایر آلاینده‌ها است. روند تغییرات غلظتی ساعتی این آلاینده در کلیه مناطق از یک الگو تبعیت نموده و ماکزیمم غلظت ازن در زمان بیشترین تشعشع نور خورشید (ساعات ۱۶-۱۲) و کمینه آن هم در ساعات شب مشاهده گردیده است که نشان دهنده تاثیر نور خورشید

قوانین سخت گیرانه برای برخی از منابع آلاینده (به ویژه وسایط نقلیه موتوری) باعث بهبود در کیفیت هوای شهرها می‌گردد. علاوه بر منابع متحرک، غلظت آلاینده‌های هوا در سطح شهرها به نوع موتور وسایط نقلیه، شرایط کارکرد آن، نوع سوخت مصرفی در خودروها، دانسیته ترافیک، عادات رانندگی افراد جامعه، استفاده از تکنولوژی پاک مانند خودروهای هیبریدی بستگی خواهد داشت. از سوی دیگر بهبود در طراحی‌های شهری و همچنین توسعه حمل و نقل عمومی منجر به کاهش دانسیته ترافیک و کاهش آلودگی هوای شهری و بهبود کیفیت زندگی افراد در بین ساکنین کلان شهرها خواهد شد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مشهد به دلیل تصویب طرح تحقیقاتی به شماره ۹۲۰۴۱۲ و همچنین مرکز کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران و سازمان محیط زیست استان تهران به دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز تشکر و قدر دانی می‌گردد.

هوادر طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۰ نشان می‌دهد، که کیفیت آلودگی هوای کلان شهر تهران در طی سال‌های اخیر رو به تغییر بوده است با اینکه پیش سازهایی مانند نیتروژن کاهش یافته است، اما افزایش در غلظت آلاینده‌های با منشاء آلی که در این طرح بررسی نشده است باعث تغییرات چشمگیر در مورد آلاینده ازن و افزایش مقادیر آن شده است. به نحوی که آینده کیفیت آلودگی هوای شهر تهران به سمتی پیش می‌رود که منجر به افزایش بسیار نگران کننده در غلظت آلاینده‌های ثانویه‌ای مانند ازن گردد. لازم به ذکر است کاهش در میانگین غلظت آلاینده منوکسیدکربن در کل ایستگاه‌های شهر تهران در طی سال‌های مورد مطالعه نمی‌تواند با قاطعیت بیان کند که مشکل این آلاینده حل شده است، بلکه در مورد این آلاینده همان طور که ایستگاه‌های مرکز شهر نشان می‌دهند (ایستگاه‌های بازار، فاطمی)، جایی که بیشترین تراکم خودروها که عامل اصلی تولید منوکسیدکربن هستند وجود دارد، هنوز مشکل پا بر جاست. هر چند که با اقداماتی که در مورد کاهش مصرف سوخت و از رده خارج کردن خودروهای فرسوده و سایر اقدامات دیگر انجام گرفته است، روند کاهشی در میزان غلظت منوکسید کربن مشاهده می‌شود. از آنجایی که منابع متحرک سهم اصلی در ایجاد آلودگی هوای محیطی در اغلب کلان شهرهای جهان عهده دار می‌باشد، بنابراین وضع

## REFERENCES

1. Piraino F, Aina R, Palin L, Prato N, Sgorbati S, Santagostino A, et al. Air quality biomonitoring: assessment of air pollution genotoxicity in the Province of Novara (North Italy) by using *Trifolium repens* L. and molecular markers. *Science of The Total Environment* 2006; 372(1):350-59.
2. WHO. Health aspect of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Bonn, Germany: World Health Organization; 2003 Jan.
3. Dominici F, Peng RD, Bell ML, Pham L, McDermott A, Zeger SL, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *Journal of the American Medical Association* 2006 ; 295(10):1127-34.
4. Cohen AJ, Rose Alexander H, Ostro B, Pandey KD, Kryzanowski M, Kunzail N. The global burden of disease due to outdoor air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 2005; 68(13-14):1301-307.
5. Lim S, Vos T, Flaxman A, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *Lancet* 2012; 380(9859); 2224-2260.
6. Anttila P, Tuovinen J. Trends of primary and secondary pollutant concentrations in Finland in 1994-2007. *Atmospheric Environment* 2010; 44(1):30-41.
7. Nadafi K, Mosavi G. Survey of air Quality in Tehran during 1997-1998. *Proceedings of 3rd National Conference on Environmental Health Engineering* 2000 Oct. 10-12; Kerman, Iran. p:47-50 (In Persian).
8. Verma SS, Desai B. Effect of meteorological conditions on air pollution of Surat city. *Journal of International*

- Environmental Application & Science 2008; 3(5):358-67.
9. Ardakani S, Esmaeili A. Determination of the air quality in the Tehran in 2004. Proceedings of 10th National Conference on Environmental Health Engineering 2004 Oct. 10-12; Hamedan, Iran. p:794-99 (In Persian).
  10. US EPA. National Ambient Air Quality Standards: The Criteria Pollutants. Washington (DC): United State Environmental Protection Agency; 1997.
  11. DOE. National Ambient Air Quality Standards. Tehran: Departemnt of Environment, Islamic Republic of Iran. Available from: <http://www.doe.ir/Portal/home/177566>. Accessed Jul 30, 2015.
  12. DOE. National Ambient Air Quality Standards. Tehran: Departemnt of Environment, Islamic Republic of Iran. Available at: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>. Accessed Jul 30, 2015.
  13. Hoseini E, Hashemi H, Nikravan M. Determination of the air quality in the Tehran in 2004-2007. Proceedings of 5th National Conference on Environmental Engineering 2010 May. 4-6; Mashhad, Iran. p:1-8 (In Persian).
  14. Baldasano J, Valera E, Jimenez P. Air quality data from large cities. Science of the Total Environment 2003; 307(1):141-65.
  15. Mamtimin B, Meixner FX. Air pollution and meteorological processes in the growing dryland city of Urumqi (Xinjiang, China). Science of the Total Environment 2011; 409(7):1277-90.
  16. Matyssek R, Innes J. Ozone-a risk factor for trees and forests in Europe?. Water, Air, and Soil Pollution 1999; 116(1-2):199-226.
  17. Hjellbrekke A-G, Solberg S. Ozone measurements 2000. Lillestrom: Norway; Norwegian Institute for Air Research; 2002. Report No.: EMEP/CCC-Report 5/2002.
  18. Shariepour, Z. Seasonal and daily variation of air pollutants and their relation to meteorological parameters. Earth and Space Physics 2010; 35(2):119-37 (In Persian).
  19. Jo W-K, Park J-H. Characteristics of roadside air pollution in Korean metropolitan city (Daegu) over last 5 to 6 years: Temporal variations, standard exceedances, and dependence on meteorological conditions. Chemosphere 2005; 59(11):1557-73.
  20. Gratani L, Varone L. Daily and seasonal variation of CO<sub>2</sub> in the city of Rome in relationship with the traffic volume. Atmospheric Environment 2005; 39(14):2619-24.
  21. Wise EK, Comrie AC. Meteorologically adjusted urban air quality trends in the Southwestern United States. Atmospheric Environment 2005; 39(16):2969-80.
  22. Christian R, Jariwala ND, Gohil DB. Summer episode temperature inversion and its impact on CO concentration in urban environment. Proceeding of 2nd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering (ICBEE); 2010 Nov. 2-4. Cario, Egypt. p. 327 - 30.
  23. Elminir HK. Dependence of urban air pollutants on meteorology. Science of the Total Environment 2005; 350(1):225-37.